

## **Luftgüte**

Messungen mit NO<sub>2</sub>-Passivsammlern  
in Tirol

Jahresbericht 2019

## **Impressum**

**Amt der Tiroler Landesregierung**

**Abteilung Waldschutz**

Eduard-Wallnöfer-Platz 3

6020 Innsbruck

Email: [waldschutz@tirol.gv.at](mailto:waldschutz@tirol.gv.at)

[www.tirol.gv.at/umwelt/luftqualitaet/](http://www.tirol.gv.at/umwelt/luftqualitaet/)

# Inhaltsverzeichnis

1	Zusammenfassung .....	4
2	Einleitung und Ziel der Studie .....	5
3	Stickstoffdioxid .....	6
3.1	Verursacher und gesundheitliche Aspekte .....	6
3.2	Grenzwerte .....	6
4	Messmethode .....	7
4.1	Passivsammler .....	7
4.2	Qualitätssicherung und Auswertung der Messergebnisse.....	9
4.3	Standorte .....	10
5	Messergebnisse .....	13
5.1	Jahresmittelwerte der Standorte an den Autobahnen A12 und A13 .....	13
5.2	Jahresmittelwerte an expositionsrelevanten Standorten.....	15
6	Schlussfolgerungen .....	16

# 1 Zusammenfassung

Der vorliegende Bericht bietet einen Überblick über die Messungen von Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>) in Tirol mittels NO<sub>2</sub>-Passivsammlern in den Jahren 2018 und 2019, welche zusätzlich zu den vollautomatischen NO<sub>2</sub>-Messungen im Tiroler Luftgütemessnetz eingesetzt wurden.

Im August 2018 wurde an 29 Standorten in Nordtirol mit Vorerkundungsmessungen mittels NO<sub>2</sub>-Passivsammlern begonnen. Davon wurden 24 Standorte ausgewählt, für die ein Jahresmittelwert für das Kalenderjahr 2019 gemäß Immissionsschutzgesetz-Luft ermittelt wurde. Die Standorte lagen an verkehrsbelasteten Abschnitten der Autobahnen A12 und A13 und in expositionsrelevanten Siedlungsräumen in Innsbruck und Landeck.

Eine jeweils vierwöchige Kalibrierung der Passivsammlermessergebnisse von fünf Messstellen mit den Standardmessungen im Tiroler Luftgütemessnetz erlaubte, die Jahresmittelwerte für alle Messstellen im Kalenderjahr 2019 mit einer erweiterten Messunsicherheit von 8,5% zu berechnen.

Sämtliche Messstellen, welche direkt an den stark befahrenen Abschnitten der Autobahnen A12 und A13 lagen, zeigten im Kalenderjahr 2019 wie erwartet ein hohes Niveau an NO<sub>2</sub>-Belastung und an 5 Messstellen direkt an der A12/A13 lagen die Werte über dem Jahresgrenzwert der EU von 40 µg/m<sup>3</sup>. Diese Standorte befinden sich innerhalb der ausgewiesenen Flächen der „Belasteten Gebiete (Luft) zum UVP-G 2000“ mit der Zielsetzung zur Reduktion des Luftschadstoffes NO<sub>2</sub>. Ein Vergleich der einzelnen Messstellenergebnisse verdeutlicht die Wichtigkeit des Tempolimits von 100 km/h für die Verminderung der NO<sub>2</sub>-Immissionen.

Im Vergleich dazu zeigten die Passivsammlermessstellen in Siedlungsgebieten, welche sich im Einflussbereich einer Autobahn, des städtischen Verkehrs, eines Gewerbes oder des Flughafens in Innsbruck befinden, keine Überschreitungen des Jahresgrenzwertes von 30 µg/m<sup>3</sup> bzw. 35 µg/m<sup>3</sup> gemäß IG-L. Dabei lagen die NO<sub>2</sub>-Messwerte generell an verkehrsnahen Standorten etwas höher als an verkehrsfernen.

## 2 Einleitung und Ziel der Studie

Ziel der Luftqualitätsgesetzgebung und Luftgüteüberwachung ist der Schutz der menschlichen Gesundheit und der Umwelt allgemein. Die europäische (Richtlinie über Luftqualität und saubere Luft in Europa; 2008/50/EU) und österreichische Gesetzgebung (Immissionsschutzgesetz–Luft; BGBl. I Nr. 115/1997) verlangen eine Beurteilung der Luftqualität im gesamten österreichischen Staatsgebiet bzw. in den darin festgelegten Ballungsräumen und Untersuchungsgebieten. Bewusst ist dabei von Beurteilung die Rede und nicht alleine von Messung. Zwar gilt eine qualitativ hochwertige Messung mit zeitlicher Abdeckung über das Kalenderjahr an einem festen Punkt – eine sogenannte „ortsfeste Messung“ nach dem Referenzverfahren – als sicherste Messmethode. Um dem Anspruch einer Beurteilung jedoch überall nachkommen zu können, sind auch andere Methoden zweckmäßig, wie beispielsweise die Modellrechnung oder der Einsatz von orientierenden Messungen. Diese dienen einer Erweiterung des Bildes über einzelne Standorte hinaus und können Hinweise auf andere mögliche Belastungsschwerpunkte liefern, welche dann gegebenenfalls mit besseren Methoden – wie ortsfesten Messungen – untersucht werden können.

Passivsammler zur Stickstoffdioxidmessung sind preisgünstig und einfach zu handhaben, sodass Messungen mit verhältnismäßig geringem Aufwand an einer größeren Zahl von Messorten durchgeführt werden können. Dadurch ist es möglich, auch kleinräumige Unterschiede der Luftbelastung zu erfassen, wie sie zum Beispiel im Umfeld stark befahrener Straßen typisch sind. Vergleiche mit kontinuierlichen Standardmessungen in der Literatur zeigen, dass die Passivsammlermessergebnisse für orientierende Messungen gut geeignet sind und mit den Langzeitwerten wie dem Jahresmittelwert eine sehr hohe Übereinstimmung erreichen können.

In den letzten Jahren wurde der NO<sub>2</sub>-Jahresgrenzwert gemäß IG-L im Tiroler Luftgütemessnetz an Messstellen an der Inntal- (A12) und Brennerautobahn (A13) zum Teil deutlich überschritten. Entlang der Autobahnen können die NO<sub>2</sub>-Belastungen auf einzelnen Teilstrecken aufgrund ihrer Verkehrszusammensetzung, dem Verkehrsaufkommen und den Fahrgeschwindigkeitsbeschränkungen (130/110 bzw. 100 km/h) sehr unterschiedlich sein. Durch ein stetig wachsendes Verkehrsaufkommen (PKW, LKW, Flugverkehr) in den letzten Jahren wurde eine Überprüfung der realen Belastungssituation an den Autobahnen A12 und A13 sowie in expositionsrelevanten Siedlungsräumen im Inntal notwendig. Dabei wurden folgende Ziele verfolgt:

1. Messung der Stickstoffdioxidbelastung mittels Passivsammlern an Autobahnabschnitten der A12 und A13, die durch unterschiedliche Verkehrscharakteristika und Fahrgeschwindigkeiten geprägt sind. Zur Erfassung der Unterschiede dieser Autobahnabschnitte sollen die Messungen in einem möglichst geringen Abstand zur Fahrbahn durchgeführt werden.
2. Weiters sollen unterschiedlich belastete Siedlungsräume, welche sich im Einflussbereich einer Autobahn, des städtischen Verkehrs, eines Gewerbes oder des Flughafens in Innsbruck befinden, auf ihre Stickstoffdioxidbelastung untersucht werden.

Hierfür wurden beginnend mit 8. August 2018 bis zum 7. August 2019 Vorerkundungsmessungen an 29 Messstandorten in Tirol durchgeführt. Für die Berechnung eines Jahresmittelwertes gemäß IG-L für das Kalenderjahr 2019 wurde an 24 Messorten mit den Messungen bis zum 22.12.2019 fortgefahren. Die Messergebnisse werden nun in diesem Bericht dargelegt und zusammengefasst.

# 3 Stickstoffdioxid

## 3.1 Verursacher und gesundheitliche Aspekte

Stickstoffdioxid ( $\text{NO}_2$ ) ist ein nicht brennbares Gas, welches sich aus einem Stickstoffatom und zwei Sauerstoffatomen zusammensetzt. Es hat eine rotbraune Farbe und wirkt stark oxidierend sowie in höheren Konzentrationen korrosiv. Dieses leichtflüchtige Gas ist ein Spurengas der Atmosphäre und kommt nur in Bodennähe in höchsten Konzentrationen vor. Neben seiner Wirkung auf die Qualität unserer Außenluft spielt dieses Molekül auch als Vorläufersubstanz für die Bildung von gesundheitsschädlichem Feinstaub und von bodennahem Ozon ( $\text{O}_3$ ) eine bedeutende Rolle. Stickstoffdioxid reagiert in der Luft weiter zu Salpetersäure ( $\text{HNO}_3$ ) und kann somit aus der Atmosphäre ausgewaschen werden und in den Boden gelangen. Somit ist Stickstoffdioxid mitunter ein Hauptverursacher für die Versauerung und Eutrophierung von Böden und Gewässern. Stickstoffdioxid selbst kann nur eingeschränkt durch Regen aus der Atmosphäre ausgewaschen werden.

Hauptverursacher für Stickstoffdioxid in der Luft sind Verbrennungsprozesse in der Industrie und vor allem im Straßenverkehr. In den Verbrennungsmotoren entsteht zuerst meist Stickstoffmonoxid ( $\text{NO}$ ), welches sich an der Luft schnell mit weiteren Sauerstoffatomen zu Stickstoffdioxid verbindet. Besonders Dieselmotoren haben gegenüber Benzinmotoren (mit Katalysatoren) einen erheblich größeren Ausstoß von Stickstoffoxiden. Erst modernste Dieselmotoren der Normen Euro 6d-TEMP bzw. Euro 6d zeigen auch im Betrieb auf der Straße ein niedriges Emissionsniveau ([www.umweltbundesamt.de](http://www.umweltbundesamt.de)).

Den Hauptaufnahmeweg von Stickstoffdioxid beim Menschen stellt die Atmung dar. Bei kurzfristig hoher Belastung zum Beispiel an stark befahrenen Straßen oder auch im Auto selbst können bei empfindlichen Menschen (besonders Kleinkindern, alten Menschen, Personen mit Atemwegserkrankungen) akute Reizwirkungen auftreten. Husten und eine kurzzeitige Verschlechterung der Lungenfunktion können die Folge sein, wobei in der Regel nicht davon ausgegangen wird, dass in diesen Fällen ärztliche Hilfe in Anspruch genommen wird. Erst bei anhaltender Reizwirkung und dem damit assoziierten oxidativen Stress resultieren entzündliche Prozesse, die auch in anderen Organen schädigende Wirkungen entfalten können.

Langfristige Wirkungen einer niedrigen dauerhaften Belastung mit einem Reizgas wie Stickstoffdioxid sind schwierig zu untersuchen, da hierfür notwendige Experimente an Menschen zur Langzeitbelastung nicht durchgeführt werden können. Es liegt aber inzwischen eine große Zahl an epidemiologischen Untersuchungen vor, in denen Zusammenhänge mit einer Vielzahl von Erkrankungen der Lunge und des Herz-Kreislaufsystems gezeigt wurden (zum Beispiel Asthma, Herzinfarkte und Schlaganfälle). Diese direkten kurz- und langfristigen Wirkungen von Stickstoffdioxid sind eine der Begründungen für die Messung und Regulierung von Stickstoffdioxid in der Umgebungsluft (vgl. WHO – World Health Organization (2013): Review of evidence on health aspects of air pollution – REVIHAAP Project. Technical Report. Copenhagen, Denmark; WHO – World Health Organization (2013): Health risks of air pollution in Europe – HRAPIE project. Recommendations for concentration-response functions for cost-benefit analysis of particulate matter, ozone and nitrogen dioxide. Report. Copenhagen, Denmark; Dtsch Arztebl Int (2019; 116: 881-6) DOI 10.3238/arztebl.2019.0881).

## 3.2 Grenzwerte

Die Mitgliedstaaten der EU haben sich im Jahr 1999 darauf geeinigt, dass ab dem Jahr 2010 ein  $\text{NO}_2$ -Jahresmittelwert von 40 Mikrogramm pro Kubikmeter ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) eingehalten werden muss. Grundlage war eine entsprechende Empfehlung der Weltgesundheitsorganisation. Man ging damals davon aus, dass dieser Wert bei einem gleichbleibenden Verkehrsaufkommen in den Innenstädten und mit einer verbesserten Abgasreinigung innerhalb von 10 Jahren einhaltbar wäre. Nicht erwartet hatte man die – unter anderem durch Steuervorteile bedingte – zunehmende Zahl von Dieselfahrzeugen sowie die Tatsache, dass die Realemissionen der älteren Diesel-PKW nicht den gesetzlichen Vorgaben entsprachen.

Der österreichische Jahresgrenzwert gemäß Immissionsschutzgesetz-Luft (BGBl. Nr. 115/1997 i.d.g.F.) für NO<sub>2</sub> liegt bei 35 µg/m<sup>3</sup> (inklusive 5 µg/m<sup>3</sup> Toleranzmarge), wie in Tabelle 1 ersichtlich.

**Tabelle 1.** Immissionsgrenzwerte für Stickstoffdioxid nach IG-L zum Schutz der Gesundheit sowie der Zielwert zum Schutz von Ökosystemen und der Vegetation zusammengefasst (TMW: Tagesmittelwert; HMW: Halbstundenmittelwert, JMW: Jahresmittelwert über ein Kalenderjahr inkl. Toleranzmarge; JMW/EU: Jahresmittelgrenzwert der EU).

Stickstoffdioxid [µg/m <sup>3</sup> ]	TMW	HMW	JMW	JMW /EU
Immissionsgrenzwert zum Schutz der Gesundheit		200	35	40
Zielwert zum Schutz der menschlichen Gesundheit und zum Schutz von Ökosystemen und der Vegetation	80			

Darüber hinaus gilt für Stickstoffdioxid ein Alarmwert von 400 µg/m<sup>3</sup>. Dieser Alarmwert ist erreicht, wenn ein gemessener Dreistundenmittelwert über 400 µg/m<sup>3</sup> liegt. Es besteht dann die Pflicht für die zuständigen Behörden, unverzüglich Maßnahmen zur Verringerung der Stickstoffdioxid-Konzentration zu ergreifen.

Die definierten Grenz- und Zielwerte gelten prinzipiell im gesamten Bundesgebiet (gemäß 2008/50/EU und IG-L Messkonzeptverordnung 2012, Anlage 2), mit Ausnahme

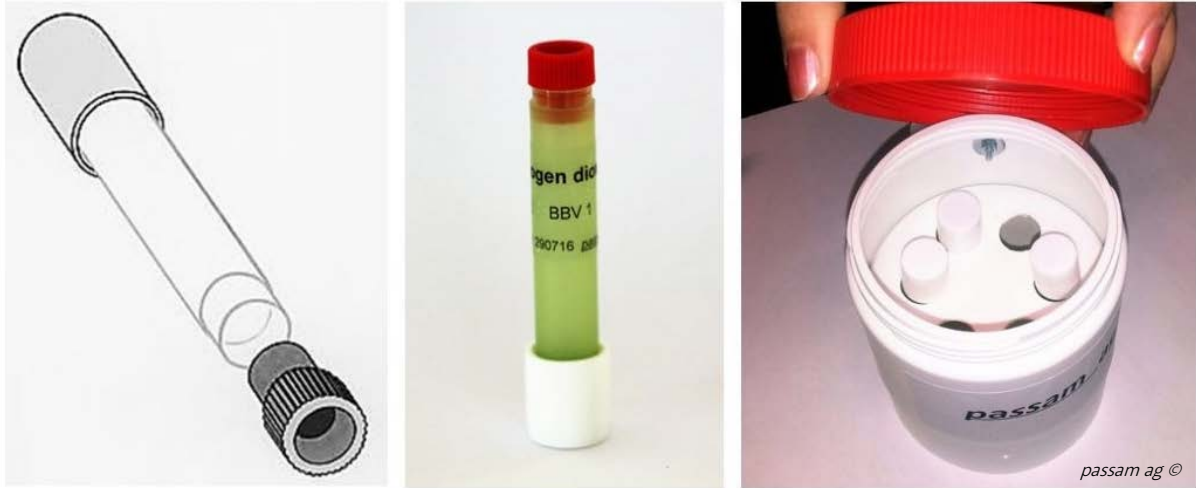
- von Bereichen, zu denen die Öffentlichkeit keinen Zugang hat und in denen es keine festen Wohnunterkünfte gibt,
- auf Industriegeländen oder in industriellen Anlagen, für die alle relevanten Bestimmungen über Gesundheit und Sicherheit am Arbeitsplatz gelten sowie
- auf den Fahrbahnen der Straßen und – sofern Fußgänger für gewöhnlich dorthin keinen Zugang haben – auf dem Mittelstreifen der Straßen.

## 4 Messmethode

### 4.1 Passivsammler

Bei NO<sub>2</sub>-Passivsammlern wandern (diffundieren) die Gasmoleküle aufgrund ihrer Eigenbewegung in Richtung eines Absorptionsmediums und werden dort absorbiert und gesammelt. Da hierfür die Luft nicht aktiv mit einer Pumpe durch das Absorptionsmedium gefördert wird, wird von einer passiven Probenahme gesprochen. Die verwendeten Passivsammler der Firma *passam ag* (Zürich/Schweiz; Abb.1) bestanden aus einem Polypropylenröhrchen mit einer Öffnung von 20 mm Durchmesser und einem im Inneren befestigten Absorptionsmedium bestehend aus einem Filter mit Triethanolamin (TEA). Zur Messung wurde die vordere Schutzkappe entfernt und durch eine Glasfrittenmembran ersetzt, sodass der Windeinfluss und die Windturbulenzen am Straßenrand vermindert werden konnten. Anschließend wurde der Sammler in eine nach unten offene Schutzbüchse gehängt, welche am Messstandort montiert war. Nach Abschluss der vierwöchigen Probenahmezeit wurde der Sammler wieder mit der Schutzkappe verschlossen und zur Analyse in das Labor der CTUA (Chemisch-technische Umweltschutzanstalt im Amt der Tiroler Landesregierung) gebracht.

Dort wurde mit Hilfe der kontinuierlichen Durchflussanalyse die Menge an gelöstem Nitrit spektrophotometrisch bestimmt und mit Hilfe der Fick'schen Diffusionsgleichung in eine  $\text{NO}_2$ -Konzentration umgerechnet. Nach dem zugrundeliegenden Messprinzip kann daraus auf die mittlere Konzentration über den Probenahmezeitraum geschlossen werden.



**Abbildung 1.** Schematische Darstellung des Passivsammlers für Stickstoffdioxid (links); Foto des Passivsammlers des Röhren-Typs (Mitte); ein (am Boden offener) Schutzbehälter zur Installation der Passivsammler (rechts).

Das Probenahme- und Messprinzip der Passivsammler bietet den Vorteil, dass die räumlichen und organisatorischen Anforderungen an die Probenahmestelle gegenüber einer stationären Luftmessstation sehr viel geringer sind, da keine Stellfläche und kein Stromanschluss benötigt werden. Die Ausbringung eines Passivsammlers verlangt lediglich eine kleine Schutzbüchse, welche problemlos zum Beispiel an einem Straßenschild befestigt werden kann.

Der Nachteil der Passivsammler liegt darin, dass die räumliche Verteilung von Luftschadstoffen hochkomplex ist und unter anderem von meteorologischen Bedingungen, den lokalen Strömungsverhältnissen und variierenden Emissionsparametern bestimmt wird. Die zu messenden Luftschadstoffkonzentrationen sind somit zeitlich und räumlich starken Schwankungen unterworfen. Durch Messung mit Passivsammlern kann lediglich gesagt werden, wie hoch die Belastung im Mittel über einen bestimmten Zeitraum war. Spitzenwerte (wie etwa bei einem Verkehrsstau) oder Tiefstwerte (wie etwa während eines Sturmereignisses) fließen dann in eine mittlere Belastung ein. Erfahrungen mit dem Einsatz von Passivsammlern berichten von unterschiedlichen Ergebnissen. Das Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz (LANUV) Nordrhein-Westfalen gibt beispielsweise in seinem Fachbericht eine relative Standardabweichung für Doppelproben aus Passivsammlern von 2,9 % an. Für den Jahresmittelwert ergab sich eine erweiterte Messunsicherheit im  $\text{NO}_2$ -Jahresmittelwert von maximal 13,2 % und liegt somit innerhalb der zulässigen Messunsicherheit von 15 % bei der Luftgütemessung.



## 4.2 Qualitätssicherung und Auswertung der Messergebnisse

Der Gebrauch und die Auswertung der Passivsammlermessungen ist standardisiert in der ÖNORM EN 16339 „Außenluft – Bestimmung der Konzentration von Stickstoffdioxid mittels Passivsammler“, welche als Grundlage für die Durchführung der Messungen, der Qualitätssicherung und der Auswertungen in der Abteilung Waldschutz diente. Für die interne Kalibrierung der Passivsammlerergebnisse wurden jeweils zwei NO<sub>2</sub>-Passivsammler direkt neben der Luftansaugvorrichtung der Referenzmessungen (vgl. Abb. 4) an fünf Messstellen mit sehr unterschiedlichen NO<sub>2</sub>-Belastungen positioniert. Als Referenzmethode dient dabei eine kontinuierliche NO<sub>2</sub>-Messung mittels Chemilumineszenz (Messgerät APNA 370). Folgende Messstellen im Tiroler Luftgütemessnetz wurden für die Kalibrierung herangezogen: Vomp/Raststätte A12, Mutters/Gärberbach A13, Innsbruck/Fallmerayerstraße, Innsbruck/Sadrach und Imst/A12.

Die Ergebnisse der jeweils vierwöchigen Passivsammlermessungen zwischen 8.8.2018 und 23.12.2019 wurden mit den Referenzmessungen verglichen und der Zusammenhang für jede Messperiode mittels GNUPLOT (www.gnuplot.info, Version 5.2) mathematisch beschrieben. Die Potenzfunktion der Form  $f(x)=k*x^n$  lieferte in allen Fällen dabei die beste Annäherung (vgl. Tabelle 2). Mit Hilfe dieser Funktionen konnten nun alle Messergebnisse der Passivsammler an die Referenzmessungen angepasst und kalibriert werden.

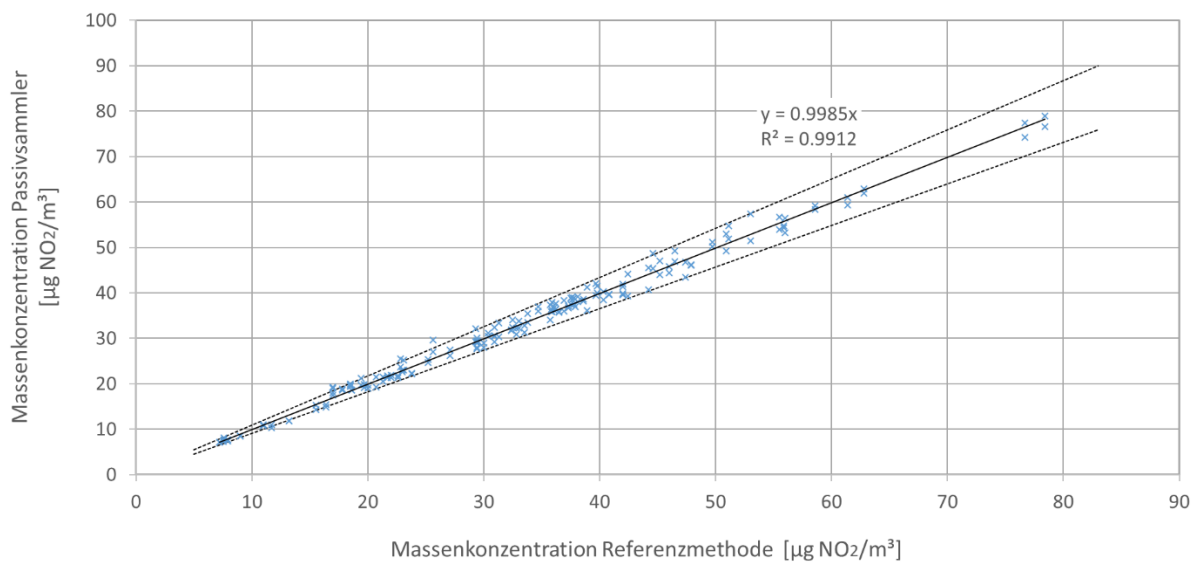
Die kalibrierten Ergebnisse der Passivsammler werden in Abbildung 2 den Messergebnissen der Referenzmethode gegenübergestellt und zeigen eine sehr hohe Übereinstimmung. Die Ergebnisse der Unsicherheitsanalyse (mit direktem Ansatz gemäß ÖNORM EN 16339) ergaben eine Standardunsicherheit von  $\pm 1,4 \mu\text{g NO}_2/\text{m}^3$  bei einem Mittelwert von  $32,9 \mu\text{g NO}_2/\text{m}^3$  sowie eine erweiterte Messunsicherheit von 8,5% in unseren Messergebnissen (Freiheitsgrade = 180, Erweiterungsfaktor = 2) bei einem Anwendungsbereich zwischen 7 und 78  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Gemäß der Richtlinie 2008/50/EG des europäischen Parlaments und des Rates vom 21. Mai 2008 ist bei ortsfesten Messungen bezogen auf den Jahresmittelwert mit einer Mindestdatenerfassung von 90% eine Messunsicherheit von 15% zulässig, bei orientierenden Messungen eine Messunsicherheit von 25%. In Tabelle 3 sind die erhaltenen Jahresmittelwerte berechnet aus den Rohwerten der Passivsammlermessungen, den kalibrierten Messergebnissen und den kontinuierlichen Messungen der Referenzmethode an den fünf ausgewählten Messstandorten aufgelistet. Für die Qualitätssicherung wurden an jedem Messstandort zwei geöffnete Passivsammler verwendet (ergab eine mittlere Standardabweichung von 3,52%). Für die Qualitätssicherung im Labor (Nullmessung) wurde ein zusätzlicher verschlossener Sammler an drei ausgewählten Messstellen angebracht.

**Tabelle 2.** Parameter der Kalibrierfunktion  $f(x)=k*x^n$  für die einzelnen Messperioden zwischen 8.8.2018 und 23.12.2019. Die Parameter wurden mit dem Programm GNUPLOT berechnet. SF = Standardfehler des Parameters.

Messperiode	R <sup>2</sup>	k	±SF	n	±SF
08.8.18 - 04.9.18	0.996	1.04	0.19	1.00	0.05
05.9.18 - 02.10.18	0.998	0.91	0.18	1.06	0.06
03.10.18 - 30.10.18	0.998	1.04	0.23	1.04	0.06
31.10.18 - 27.11.18	0.999	1.25	0.40	0.98	0.09
28.11.18 - 27.12.18	0.999	1.04	0.30	1.04	0.08
27.12.18 - 22.1.19	0.998	0.96	0.20	1.05	0.05
23.1.19 - 19.2.19	0.999	1.12	0.21	1.02	0.05
20.2.19 - 19.3.19	0.998	1.25	0.16	0.98	0.03
20.3.19 - 16.4.19	0.997	1.22	0.36	0.96	0.08
17.4.19 - 14.5.19	0.996	0.90	0.16	1.03	0.05
15.5.19 - 11.6.19	0.996	0.98	0.12	1.04	0.04
12.6.19 - 9.7.19	0.995	1.15	0.18	0.98	0.05
10.7.19 - 06.8.19	0.996	0.89	0.17	1.04	0.06
07.8.19 - 03.9.19	0.996	0.97	0.18	0.99	0.05
04.9.19 - 01.10.19	0.996	1.07	0.16	0.99	0.05
02.10.19 - 29.10.19	0.997	1.15	0.27	0.99	0.07
30.10.19 - 26.11.19	0.998	1.64	0.40	0.90	0.07
27.11.19 - 22.12.19	0.998	1.58	0.29	0.93	0.05

**Tabelle 3.** Vergleich der Jahresmittelwerte (27.12.2018, 12:00 Uhr bis 22.12.2019, 12:00 Uhr) errechnet aus den Rohwerten der Passivsammler ( $JMW_{\text{Passivsammler}}$ ), der kalibrierten Messwerte ( $JMW_{\text{kalibriert}}$ ) und der Referenzmessungen ( $JMW_{\text{kont.}}$ ) sowie des gesamten Kalenderjahres 2019 vom 1.1. bis 31.12.2019 ( $JMW_{2019}$ ) im Tiroler Luftgütemessnetz (\*aus: „Luftgüte in Tirol. Jahresbericht 2019.“ Amt der Tiroler Landesregierung, Abt. Waldschutz).

Standort	$JMW_{\text{Passivsammler}}$	$JMW_{\text{kalibriert}}$	$JMW_{\text{kont.}}$	$JMW_{2019}^*$
VOMP/Raststätte A12	42.6	47.2	47.3	47
MUTTERS/Gärberbach A13	32.7	36.2	36.2	36
INNSBRUCK/Fallmerayerstraße	29.2	32.6	32.9	33
INNSBRUCK/Sadrach	14.1	16.1	16.5	16
IMST/A12	27.2	30.4	29.3	29



**Abbildung 2.** Vergleich der Ergebnisse der Passivsammler mit dem kontinuierlichen Referenzverfahren im Tiroler Luftgütemessnetz zwischen 8.8.2018 und 23.12.2019. Die strichlierten Linien markieren die 95% Unsicherheitsspanne der Passivsammlermessergebnisse.

### 4.3 Standorte

In Tirol wurden zwischen 8.8.2018 und 23.12.2019 an 29 Standorten Passivsammlermessungen durchgeführt. Die Standorte lagen an stark verkehrsbelasteten Abschnitten der Autobahnen A12 und A13 und in expositionsrelevanten Siedlungsräumen in Innsbruck (Flughafen, Autobahn) und Landeck (Industrie). Die Abbildung 3 und die Tabelle 4 geben einen Überblick über die Verteilung der Passivsammler im Untersuchungszeitraum 2018/19. Die einzelnen Standorte sind in Tabellen 6 und 7 im Kapitel „Messergebnisse“ beschrieben.

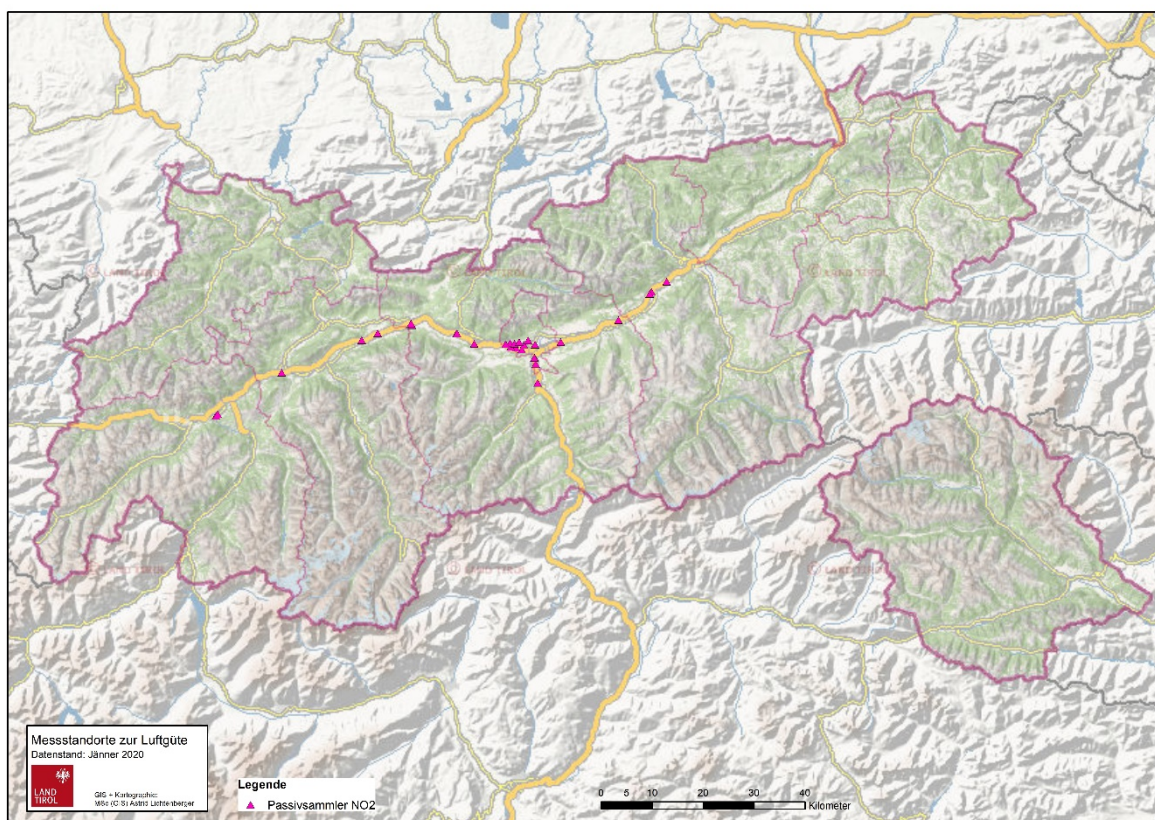


Abbildung 3. Überblick über die Standorte der Passivsammlermessungen in Tirol im Jahr 2018 und 2019.

Tabelle 4. Koordinaten der Passivsammler-Messstandorte in Tirol im Jahr 2018 und 2019.

Messstelle	Koordinaten (WGS84)		Messstelle	Koordinaten (WGS84)	
	Länge	Breite		Länge	Breite
Stans A12 km 46,0	11°44'11,79"	47°22'11,37"	Innsbruck Technikerstraße	11°20'21,75"	47°15'52,30"
Vomp A12 km 49,6	11°41'47,74"	47°21'8,66"	INNSBRUCK/Sadrach	11°22'28,62"	47°16'11,69"
Vomp/Raststätte A12	11°41'31,26"	47°20'55,61"	Völs A12 km 83,5	11°18'58,71"	47°15'49,33"
Kolsass A12 km 58,7	11°36'35,17"	47°18'12,31"	Zirl Bauhof	11°14'6,96"	47°15'54,05"
Ampass A12 km 71,5	11°27'33,30"	47°15'58,71"	Dirschenbach A12 km 93,3	11°11'21,49"	47°17'1,84"
MUTERS/Gärberbach A13	11°23'26,33"	47°12'22,37"	Dirschenbach B171	11°11'26,77"	47°17'2,00"
Fleischhof Schmid	11°23'24,82"	47°14'20,84"	Telfs A12 km 104,6	11°4'26,06"	47°18'7,01"
Vill A13 km 4,4	11°23'37,34"	47°13'40,79"	Telfs Bahnhofstraße	11°4'17,62"	47°18'7,72"
Schönberg A13 km 8,4	11°23'52,98"	47°11'41,40"	Stams A12 km 111,1	10°59'6,27"	47°17'7,17"
Innsbruck/Sieglanger	11°21'28,19"	47°15'14,90"	Silz A12 km 114,7	10°56'36,23"	47°16'24,08"
INNSBRUCK/Fallmerayerstraße	11°23'32,52"	47°15'45,43"	IMST/A12	10°44'8,47"	47°13'1,03"
Innsbruck Flughafen Ost	11°21'49,99"	47°15'43,52"	Landeck/Donauchemie	10°33'56,74"	47°8'30,99"
Innsbruck Flughafen süd	11°20'34,61"	47°15'25,75"	Landeck/Fischerstraße	10°34'11,78"	47°8'40,77"
Innsbruck Flughafen west	11°19'45,19"	47°15'31,52"	Innsbruck Karl-	11°21'5,30"	47°16'1,66"
Kranebitten Anna-Dengl-Straße	11°19'41,12"	47°15'56,11"	Innerebner-Straße		

Beispielhaft sind in Abbildung 4 die Messstelle „Dirschenbach A12 km 93,3“ und die Referenzmessstelle „Innsbruck/Fallmerayerstraße“ dargestellt. Die Passivsammler befanden sich in den PVC-Schutzbehältern, welche mit Kabelbindern auf Eisenstangen bzw. Eisenrohren befestigt wurden. An den Referenzmessstellen befanden sich die Passivsammler in unmittelbarer Nähe zu den Luftansaugöffnungen für die kontinuierliche NO<sub>2</sub>-Messung als Referenzmethode.



**Abbildung 4.** Beispiele für typische Messstandorte im Passivsammler-Messnetz.  
Oben: Messstelle „Dirschbach A12 km 93,3“ als verkehrsnaher Standort; Unten: Referenzmessstelle „Innsbruck/Fallmerayerstraße“, der Pfeil markiert die Anbringung der Passivsammler neben der Ansaugöffnung für die NO<sub>2</sub>-Referenzmessung.

## 5 Messergebnisse

Zur besseren Veranschaulichung der Messergebnisse wurde eine Klasseneinteilung auf Grundlage der in Kapitel 3.2 beschriebenen Grenzwerte herangezogen (Tabelle 5).

**Tabelle 5.** Klassifizierung der NO<sub>2</sub>-Immissionsbelastungswerte (Jahresmittelwerte).

Klasse	NO <sub>2</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]	Beschreibung
I	≤ 30	Einhaltung des Grenzwertes nach IG-L
II	31 - 35	Überschreitung des Grenzwertes nach IG-L, Einhaltung des momentan gültigen Grenzwertes nach IG-L inklusive der Toleranzmarge
III	36 - 40	Überschreitung des (momentan gültigen) Grenzwertes nach IG-L inklusive der Toleranzmarge, Einhaltung des EU-Grenzwertes
IV	≥ 41	Überschreitung des EU-Grenzwertes

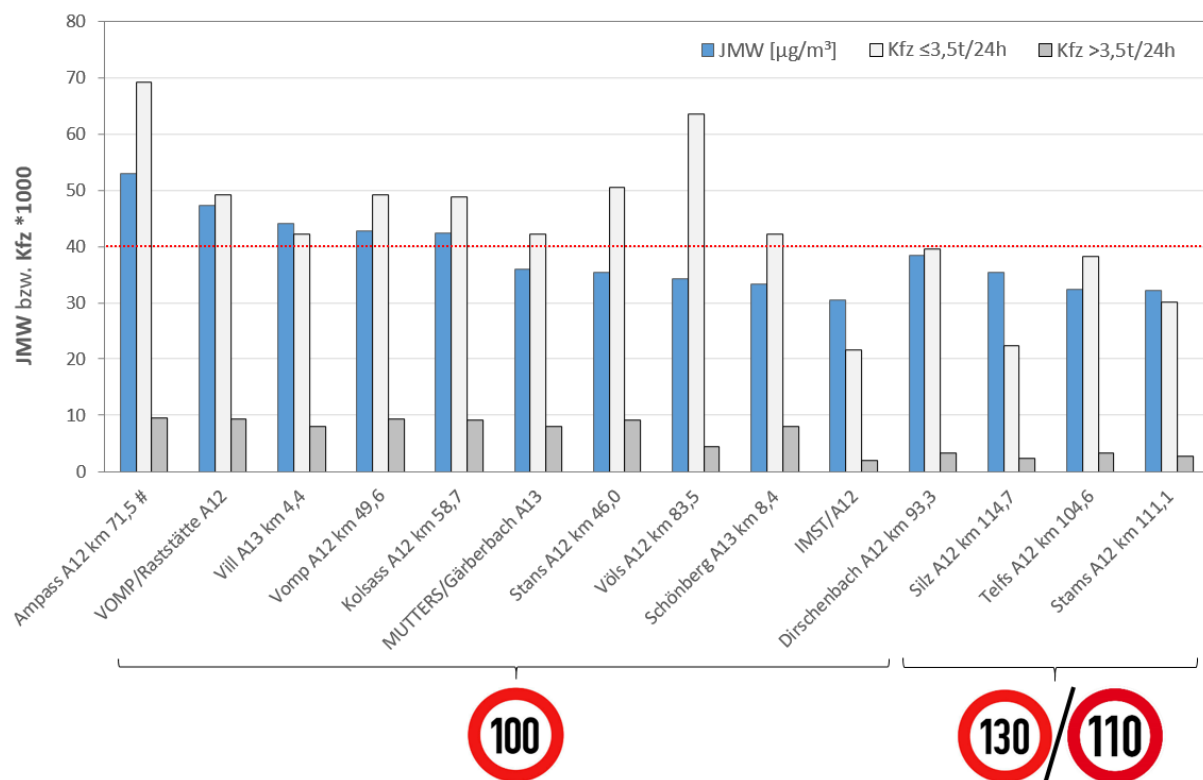
### 5.1 Jahresmittelwerte der Standorte an den Autobahnen A12 und A13

Im Folgenden werden die Messergebnisse der NO<sub>2</sub>-Passivsammler in den einzelnen Autobahnabschnitten der A12 und A13 gelistet. Die Abstände von den Messstellen zu den Asphaltkanten betragen zwischen 2,6 und 4,4 Metern (vgl. Tabelle 6). Eine Ausnahme war die Messstelle „Telfs A12 km 104.6“, welche nur am Böschungsfuß der Autobahn in einem Abstand von 6,7 m und ca. 2 m unter Fahrbahnniveau aufgestellt werden konnte. Die Messstelle wurde aufgrund ähnlicher Belastungswerte wie an der Messstelle „Telfs Bahnhofstraße“ (in Tabelle 7) im August 2019 aufgelassen.

**Tabelle 6.** Jahresmittelwert der NO<sub>2</sub>-Passivsammler (27.12.2018, 12:00 Uhr bis 22.12.2019, 12:00 Uhr) entlang der Autobahnen A12 und A13 (\* gleitender Jahresmittelwert zw. 8.8.2018 und 7.8.2019; # nicht öffentlich zugänglicher Messstandort, an dem der Grenzwert gemäß EU-Recht bzw. IG-L nicht anzuwenden ist). Grau hinterlegte Standorte sind die Referenzmessstellen im Tiroler Luftgütemessnetz. Die Messhöhe bezieht sich auf die ungefähre Höhe der Passivsammler über Fahrbahn am jeweiligen Aufstellungsort. Die durchschnittliche Anzahl an Kraftfahrzeugen innerhalb von 24 Stunden (von Montag bis Sonntag) im Jahr 2019 wurde aus der nächstgelegenen Zählmessstelle der Asfinag ([www.asfinag.at/verkehr/verkehrszaehlung](http://www.asfinag.at/verkehr/verkehrszaehlung)) entnommen („Kfz/24h“). Die Beschränkung auf 110 km/h gilt zwischen 22:00 und 5:00 Uhr.

Messstelle	Abstand horizontal [m]	Messhöhe über Fahrbahn [m]	Kfz/24h ≤3,5t	Kfz/24h >3,5t	Kfz/24h gesamt	Tempo-limit [km/h]	JMW [µg/m <sup>3</sup> ]	Klasse
Stans A12 km 46,0	3,4	2	50485	9155	59640	100	35	II
Vomp A12 km 49,6	3,1	2	49144	9285	58429	100	43	IV
VOMP/Raststätte A12	4	3,4	49144	9285	58429	100	47	IV
Kolsass A12 km 58,7	3,9	2	48726	9071	57797	100	42	IV
*Ampass A12 km 71,5	3,8	2	69279	9449	78728	100	53	IV
Völs A12 km 83,5	3,9	2	63618	4305	67923	100	34	II
Dirschenbach A12 km 93,3	4,1	2	39554	3268	42822	130/110	38	III
Telfs A12 km 104,6	6,7	0	38155	3239	41394	130/110	32*	II
Stams A12 km 111,1	4,4	2	30090	2697	32787	130/110	32	II
Silz A12 km 114,7	4,3	2	22271	2231	24502	130/110	35	II
IMST/A12	3,9	3,4	21572	1930	23502	100	30	I
MUTTERS/Gärberbach A13 km	4,2	4	42102	7996	50098	100	36	III
Vill A13 km 4,4	4	2	42102	7996	50098	100	44	IV
Schönberg A13 km 8,4	2,6	2	42102	7996	50098	100	33	II

In Abbildung 5 sind die NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwerte der Passivsammlermessstellen nach ihrer Größe gelistet und noch einmal den Verkehrszahlen gegenüber gestellt. Aus der Abbildung wird ersichtlich, dass im Jahr 2019 an fünf Messstellen der EU-Grenzwert von 40 µg NO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> nicht eingehalten wurde. Diese Grenzwertüberschreitungen traten trotz der permanenten 100 km/h-Geschwindigkeitsbeschränkung an den Messstellen Ampass (A12), Vomp Raststätte/A12, Vomp (A12), Vill (A13) und Kolsass (A12) auf. Zu beachten ist, dass der Messstandort „Ampass A12 km 71,5“ nicht öffentlich zugänglich ist. Das Belastungsniveau an den restlichen Standorten liegt zwischen 30 und 38 µg NO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>. Erwähnenswert ist im durchschnittlichen Tagesverkehr die deutlich höhere Anzahl an Kfz>3,5t im Tiroler Unterland und auf der Brennerachse als auf der A12 im Oberinntal (vgl. Tabelle 6 und Abbildung 5; Oberinntal: Völs, Dirschenbach, Telfs, Stams, Silz, Imst). Die positive Auswirkung einer 100 km/h-Beschränkung auf die NO<sub>2</sub>-Belastung wird ersichtlich, wenn man die Autobahnmessstellen Völs und Dirschenbach miteinander vergleicht (Abbildung 5). Trotz höherer Verkehrszahlen (ca. 25000 mehr Kfz/Tag) an der Messstelle Völs (100 km/h-Tempolimit) weist diese eine geringere NO<sub>2</sub>-Belastung im Jahresmittel auf als die Autobahnmessstelle Dirschenbach A12 (130/110 km/h-Tempolimit).



**Abbildung 5.** Reihung der Standorte nach sinkendem Jahresmittelwert (JMW) in Abhängigkeit der Geschwindigkeitsbeschränkungen von 100 bzw. 130/110 km/h (110 km/h gültig zw. 22:00 – 5:00 Uhr). #nicht öffentlich zugänglicher Messstandort, an dem der Grenzwert gemäß EU-Recht bzw. IG-L nicht anzuwenden ist; rot strichlierte Linie ist der EU-Grenzwert für NO<sub>2</sub>.

## 5.2 Jahresmittelwerte an expositionsrelevanten Standorten

Neben den Messstellen an den Autobahnen wurden auch unterschiedliche Siedlungsgebiete im Inntal, welche sich im Einflussbereich einer Autobahn, des städtischen Verkehrs, eines Gewerbes oder des Flughafens Innsbruck befinden, untersucht. Die Tabelle 7 listet und beschreibt das jeweilige Messziel aller Standorte und gibt auch das Ergebnis der gemessenen NO<sub>2</sub>-Belastungen wider. Erfreulich ist, dass im Jahr 2019 an 11 z.T. expositionsrelevanten Standorten der Jahresgrenzwert für NO<sub>2</sub> nach IG-L eingehalten wurde ( $\leq 30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ; Klasse I). Nur die stark verkehrsbeeinflussten Standorte „Innsbruck/Fallmerayerstraße“, „Fleischhof Schmid“ an der A13 gelegen, der „Bauhof Zirl“ und die „Telfer Bahnhofstraße“ lagen etwas höher, hielten aber den momentan gültigen Jahresgrenzwert inklusive der Toleranzmarge ( $\leq 35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ; Klasse II) ein. Ein NO<sub>2</sub>-Einfluss des Flugverkehrs konnte an keiner der drei Messstellen um den Flugplatz nachgewiesen werden.

**Tabelle 7.** Jahresmittelwert der NO<sub>2</sub>-Passivsammler (27.12.2018, 12:00 Uhr bis 22.12.2019, 12:00 Uhr) an expositionsrelevanten Standorten. (\*gleitender Jahresmittelwert zw. 8.8.2018 und 7.8.2019). Grau hinterlegte Standorte sind die Referenzmessstellen im Tiroler Luftgütemessnetz. Die Messhöhe bezieht sich auf die Höhe der Passivsammler über Grund am jeweiligen Aufstellungsort.

Messstelle	Messziel	Messhöhe [m]	Beschreibung	JMW [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	Klasse
Innsbruck Sieglanger	städtisches Wohngebiet, verkehrsnah	2	Abstand zur A12 (Rand der Asphaltkante): 12 m, durch Lärmschutzwand getrennt	27	I
Innsbruck/ Fallmerayerstraße	städtischer Zentralraum	3,4	Kreuzungsbereich, Referenzmessstelle	33	II
Innsbruck Flughafen ost	Siedlungsgebiet, in Flughafennähe	2	Direkter Einflussbereich der Start- und Landebahn des Flughafens Innsbruck	23	I
Innsbruck Flughafen süd	Naherholungsgebiet, in Flughafennähe	2	Direkter Einflussbereich des Flughafens Innsbruck	24*	I
Innsbruck Flughafen west	Naherholungsgebiet, in Flughafennähe	2	Direkter Einflussbereich der Start- und Landebahn des Flughafens Innsbruck	22	I
Innsbruck Technikerstraße	städtisches Wohngebiet	2	Seehöhe 579 m; möglicher Einfluss der Autobahn A12 und des Flughafens Innsbruck	27	I
Innsbruck Karl- Innerebner-Straße	städtisches Wohngebiet	2	Seehöhe 600 m; möglicher Einfluss des Flughafens Innsbruck	21	I
Kranebitten Anna Dengl-Straße	städtisches Wohngebiet	2	Seehöhe: 636 m; möglicher Einfluss der Autobahn A12 und des Flughafens	21*	I
Innsbruck/Sadrach	städtischer Siedlungsrand	4	Seehöhe 679 m, Referenzmessstelle	16	I
Fleischhof Schmid	Gewerbegebiet, verkehrsnah	2	Abstand zu A13 (Rand der Asphaltkante) ca. 4,2 m	34	II
Zirl Bauhof	Gewerbegebiet, Sportstätten, verkehrsnah	2	Abstand zu A12 (Rand der Asphaltkante) ca. 20 m; durch Lärmschutzwand und Böschung von der A12 getrennt	31	II
Dirschenbach B171	Wohngebiet, verkehrsnah	2	Abstand zu A12 (Rand der Asphaltkante) ca. 33 m; durch Lärmschutzwand und Böschung von der A12 getrennt; Messstelle direkt an der B171	25	I
Telfs Bahnhofstraße	Wohngebiet, verkehrsnah	2	Abstand zu A12 (Rand der Asphaltkante) ca. 12 m; durch Lärmschutzwand von der A12 getrennt	32	II
Landeck/ Donauchemie	Gewerbegebiet	2	Seehöhe 788 m, Einfluss Industriebetrieb auf die NO <sub>2</sub> -Belastung	18*	I
Landeck/ Fischerstraße	städtisches Wohngebiet	2	Seehöhe 802 m, städtischer Hintergrundwert	21*	I

## 6 Schlussfolgerungen

- Der Einsatz von Passivsammlern ist kostengünstig und eignet sich gut, die NO<sub>2</sub>-Belastung an ausgewählten Messstandorten zu bestimmen. Mit Hilfe einer internen Kalibrierung der Passivsammlermessergebnisse mit den Daten der Referenzmessstellen im Tiroler Luftgütemessnetz wurde eine besonders hohe Qualität im Messparameter „Jahresmittelwert“ erzielt. Die erweiterte Messunsicherheit von 8,5% lag dabei deutlich unter den gesetzlich erlaubten 15% für Standardmessverfahren (bei einer Mindestdatenerfassung von 90%).
- Die autobahnnahen Messungen in Teilabschnitten der A12 und A13 zeigen zum Teil deutliche Überschreitungen des EU-Grenzwertes von 40 µg/m<sup>3</sup>. Immissionsmindernde Maßnahmen, wie die 100 km/h-Geschwindigkeitsbeschränkung und das Maßnahmenbündel betreffend den Schwerverkehr sind auf bestimmten Autobahnabschnitten somit weiterhin erforderlich, um die NO<sub>2</sub>-Immissionen zu verringern.
- Die Messungen an expositionsrelevanten Standorten in Siedlungsgebieten ergab ein erfreuliches Ergebnis mit ausschließlich NO<sub>2</sub>-Belastungen unter dem IG-L Grenzwert von 30 µg/m<sup>3</sup> bzw. 35 µg/m<sup>3</sup>. Ein Einfluss des Flughafens Innsbruck oder von Gewerbegebieten konnte nicht nachgewiesen werden. Generell zeigten jedoch verkehrsnah Standorte stets höhere NO<sub>2</sub>-Belastungswerte.